

PRÉDALLES SUSPENDUES LPPVE

# UNE TECHNIQUE DÉSORMAIS AUTORISÉE EN ZONE SISMIQUE

TEXTE : FRANCK GAUTHIER  
PHOTOS & ILLUSTRATIONS :  
EGF.BTP, SNAAM

**En béton armé ou précontraint, les prédalles suspendues avec boîtes d'attente de type LPPVE facilitent la réalisation des planchers intermédiaires de divers bâtiments. Le coulage du voile en une seule fois permet d'obtenir une façade plus soignée. Depuis la fin 2016, cette technique peut s'employer en zone sismique à condition toutefois de respecter les dispositions du Fascicule de documentation FD P18-720 et d'instaurer une démarche de contrôle qualité.**

**L**es planchers sont couramment réalisés en prédalles (béton armé ou précontraint) pour tous types de construction : logements collectifs, hôpitaux, écoles, immeubles tertiaires, bâtiments industriels... Le recours à des prédalles suspendues peut s'avérer intéressant pour la réalisation des planchers intermédiaires et des toitures-terrasses d'un bâtiment. Cela permet de couler le voile béton d'un seul tenant sur toute la hauteur du bâtiment, évitant ainsi les disgracieuses interruptions et reprises de bétonnage en façade au niveau des différents étages.

« Pour ce faire, au niveau de chaque futur plancher, des boîtes d'attente sont placées contre la face interne de la banche pour être ancrées dans le voile en béton. Elles hébergent des aciers qui sont dépliés une fois les prédalles mises en place et posées sur des étais. Ces armatures, solidaires du voile béton, sont ensuite liaisonnées avec les suspentes des prédalles, une fois redressées, et des aciers filants complémentaires de chaînage. Les prédalles servent ainsi de fond de coffrage pour le béton coulé en place avec lequel elles forment, à chaque niveau, une dalle monolithique », explique Julien Serri, responsable technique de l'Union de la maçonnerie et du gros œuvre, au sein de la Fédération française du bâtiment (Umgo-FFB).

Très appréciée par les entreprises, cette technique diminue les délais d'exécution (notamment pour l'opération de coffrage de rive) et les besoins en main-d'œuvre.

**“Mal positionnées et/ou mal fixées sur la banche, les boîtes d'attente ont une fâcheuse tendance à bouger de quelques centimètres lors de la vibration, au moment du coulage du béton du voile”**

## Une dérive inacceptable sur certains chantiers

Utilisée depuis une trentaine d'années, cette technique de prédalles suspendues a eu tendance à se banaliser au fil du temps. Revers de la médaille : un net relâchement au niveau de la mise en œuvre sur certains chantiers. Mal positionnées et/ou mal fixées sur la banche, les boîtes d'attente ont une fâcheuse tendance à bouger de quelques centimètres lors de la vibration, au moment du coulage du béton du voile. Comme elles se décalent alors par rapport à leur altimétrie théorique, lorsque leurs armatures sont dépliées, celles-ci ne se retrouvent pas à l'emplacement initialement prévu. Tordues, pliées, déformées, ces armatures finissent quand même par être, tant bien que mal, reliées aux suspentes des prédalles et aux armatures de chaînage, avant le coulage du plancher.

« Maltraiter ainsi les armatures pour les intégrer à la future dalle affaiblit nécessairement leur résistance. Leur capacité, initialement calculée pour reprendre les efforts prévus, n'est alors plus garantie et, surtout, il y a une aggravation des fissures due au dépliage des armatures. Dans la plupart des cas, le rôle essentiel de diaphragme des planchers ainsi réalisés vis-à-vis des murs périphériques du bâtiment n'est pas pour autant compromis tant qu'on reste sous une charge courante, comme le vent combiné au poids du plancher. En revanche, il existe un très sérieux risque de rupture en cas de séisme. Raison pour laquelle, en >>>

## “Les Recommandations professionnelles concernant les planchers à prédalles suspendues avec boîtes d’attente [...] représentaient une réelle avancée [...] mais présentaient un point faible : l’aspect sismique n’était pas encore totalement traité”

toute logique, en 2008 la Coprec (1) a décidé de formuler un avis défavorable à l’emploi de cette technique en zone sismique, dans un premier temps», souligne Jean-Marie Paillé, ingénieur à la direction technique du bureau de contrôle Socotec.

«Trois problèmes majeurs étaient mis en avant : l’absence d’un référentiel technique validé sur lequel se baser, des boîtes d’attente pas toujours bien adaptées aux chantiers et une mise en œuvre du procédé plus que perfectible. Même si aucune pathologie n’avait été détectée, la profession devait donc se mobiliser pour rapidement corriger le tir», ajoute Christian Herreria, président de la commission marchés bâtiment de la Fib (Fédération de l’industrie du béton).

Résultat de cette concertation : fin 2009 apparaissent des Recommandations professionnelles concernant les planchers à prédalles suspendues avec boîtes d’attente, accompagnées d’un «Guide d’application» et d’un «Carnet de chantier» destinés à faciliter leur appropriation. «Ces documents représentaient une réelle avancée car ils détaillent la conception et la réalisation des nœuds de liaison, insistent sur la bonne mise en place des boîtes d’attente, etc. En revanche, ils présentaient un point faible : l’aspect sismique n’était pas encore totalement traité», analyse Wilfried Pillard, directeur technique d’EGF.BTP (Entreprises générales de France – BTP). Cela s’avérera rapidement être un problème majeur car, dès l’année suivante, un nouveau zonage sismique entrainé en vigueur en France, étendant les zones concernées... Ces Recommandations professionnelles ont aussitôt perdu une grande partie de leur intérêt puisqu’elles ne concernaient alors plus qu’une partie minoritaire du territoire national et qu’une partie des ouvrages. Elles étaient certes complétées en 2011 par des Règles professionnelles pour les prédalles suspendues avec boîtes d’attente, qui précisaient certains détails, mais qui n’apportaient toujours pas de vraies réponses pour la construction en zone sismique.

### Fascicule de documentation et autocontrôles

Pendant ce temps-là, une entreprise de Perpignan a fini par trouver une solution ingénieuse pour mieux positionner les boîtes d’attente lors du coulage du voile en béton et sa vibration. Ensuite amélioré, ce prototype a donné naissance aux prédalles suspendues LPPVE (Liaison plancher à prédalles et voile à engravure), testées sur une centaine de chantiers pilotes sous le regard attentif des contrôleurs techniques.

Ce procédé repose sur l’emploi d’un système aimanté qui est plaqué contre la banche au niveau du trait bleu matérialisant la sous-face du futur plancher et qui évite tout ripage. S’y positionnent les boîtes

### POUR EN SAVOIR PLUS TEXTES DE RÉFÉRENCE

- **Fascicule de documentation FD P18-720 Eurocode 2 – Calcul des structures en béton – Prédalles suspendues avec boîtes d’attente et règles magnétiques ou équivalentes (LPPVE)** (octobre 2016). Il est accompagné de deux documents téléchargeables sur [www.egfbtp.com/technique/structures-gros-oeuvre-documentation-technique](http://www.egfbtp.com/technique/structures-gros-oeuvre-documentation-technique) :
  - le guide *Plancher à prédalles – Guide d’application du Fascicule de documentation sur le système LPPVE* (novembre 2016) ;
  - le carnet de chantier *Planchers à prédalles – Carnet de chantier – Guide de mise en œuvre* (septembre 2016).
- **Charte QUALIPREDAL**  
Les bonnes pratiques : guide de chantier, téléchargeable à l’adresse suivante : [www.qualipredal.fr/fichiers/guide\\_qualipredal.pdf](http://www.qualipredal.fr/fichiers/guide_qualipredal.pdf).
- **Règles professionnelles pour les planchers à prédalles suspendues avec boîtes d’attente** (avril 2011) téléchargeables sur [www.produits-beton.com](http://www.produits-beton.com). Attention : ce document n’est plus utilisable pour des constructions en zone sismique.

d’attente qui peuvent être, si nécessaire, ensuite bloquées en tête par des taquets magnétiques pour garantir leur parfaite immobilité lors du coulage du béton du voile. «Lorsqu’on enlève cette règle lors du décoffrage, outre les boîtes d’attente parfaitement alignées dans le béton, on voit apparaître l’engravure créée dans le voile. Les prédalles sont ensuite positionnées en appui sur une lisse en contact avec un buton de positionnement ménagé dans l’engravure. Les armatures des boîtes d’attente sont dépliées et les suspentes de la prédalle sont redressées avant d’y glisser les armatures de chaînage prévues par le plan de pose. Grâce aux boutons en fond d’engravure, un espace de 30 mm est préservé entre le bord de la prédalle et le fond de l’engravure afin de laisser un passage au béton de la dalle lors du coulage. Il s’agit d’un béton courant, de consistance S4, donc assez fluide, et dont le diamètre maximal des granulats ( $D_{max}$ ) est de 22,4 mm. C’est le moment où il faut s’assurer que la jonction prédalles/engravure est bien remplie par le béton de la dalle», précise Wilfried Pillard.

Parallèlement à la mise au point de ce procédé, toute la documentation technique a été retravaillée et complétée, notamment en rappelant les principes fondamentaux des calculs basés sur l’Eurocode 2. Cela a donné naissance en octobre 2016 au Fascicule de documentation FD P18-720 Eurocode 2 – Calcul des structures en béton – Prédalles suspendues avec boîtes d’attente et règles magnétiques ou équivalentes (LPPVE) (octobre 2016).

De leur côté, la plupart des fabricants de boîtes d’attente ont aussi fait évoluer leur offre pour répondre à la demande des entreprises en matière d’harmonisation. «Cette standardisation porte sur la nomenclature (diamètre des armatures, espacement des armatures, distance entre brins, longueur des brins dépliés, hauteur de boucle...), l’uniformisation du sens de pose, une meilleure lisibilité du marquage sur le colis et/ou la boîte d’attente, la fourniture de plans de pose également harmonisés...», résume Wilfried Pillard. À cela s’ajoute, d’une part, la certification de la puissance de l’aimant de la règle magnétique (120 kg par mètre linéaire) par l’Afcab et, d’autre part, celle des armatures des boîtes d’attente qui traduit leur bonne aptitude au pliage/dépliage. À court terme, les boîtes d’attente devraient aussi elles-mêmes bénéficier d’une certification Afcab, puis probablement ensuite l’ensemble du système LPPVE. Les fabricants se sont aussi engagés à accompagner les premiers chantiers des entreprises afin de les aider à adopter tout de suite les bons réflexes professionnels.

«La publication par l’Afnor d’un Fascicule de documentation LPPVE sous la forme d’une norme Afnor, à la rédaction duquel ont contribué l’ensemble

(1) Confédération des organismes indépendants tierce partie de prévention, de contrôle et d’inspection.

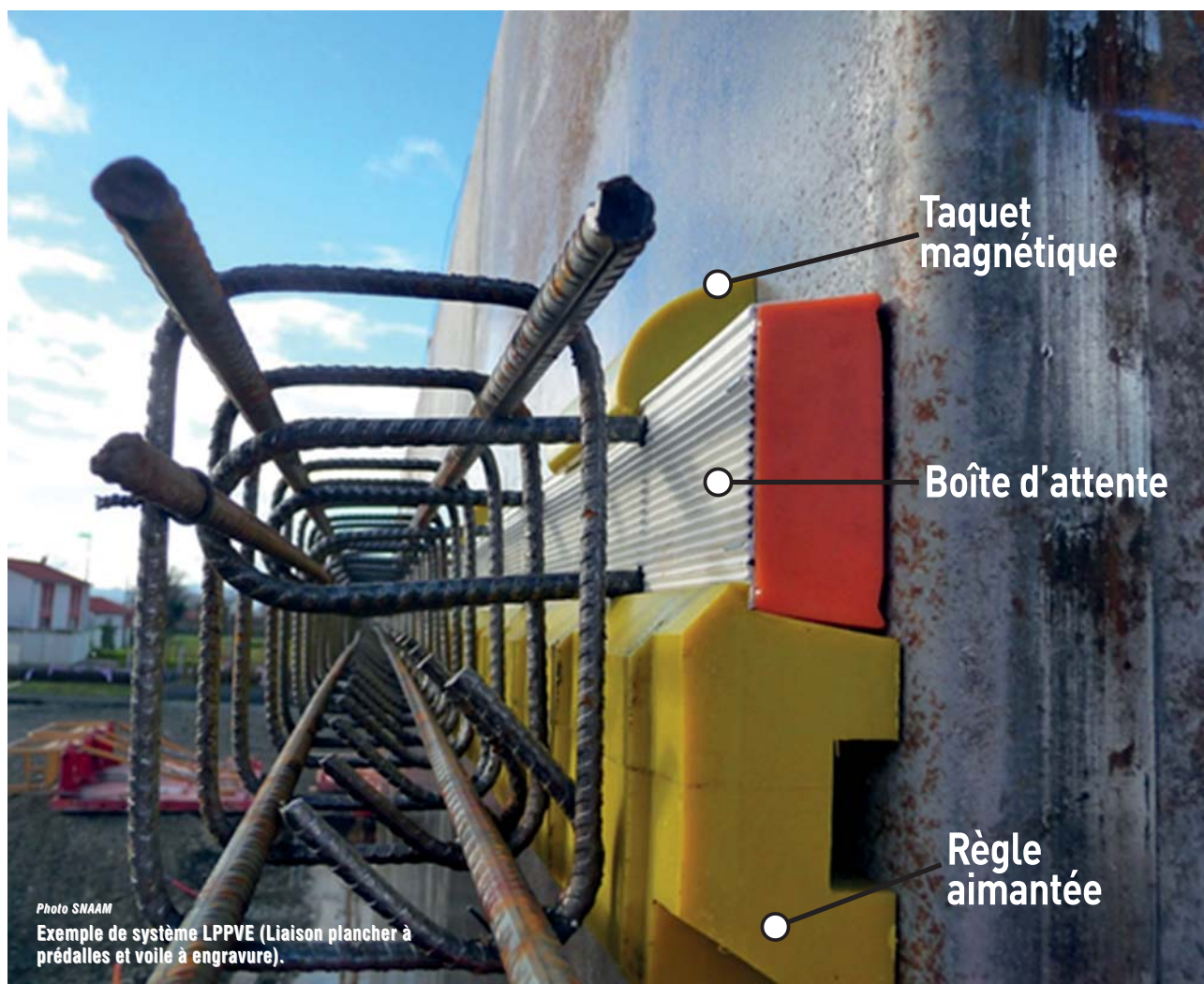


Photo SNAAM

Exemple de système LPPVE (Liaison plancher à prédalles et voile à engravure).

## PLANCHERS EN ZONE SISMIQUE : QUELLES SOLUTIONS ?

Selon les caractéristiques (isolation par l'intérieur, par l'extérieur...), la destination du projet de construction (habitat collectif, bâtiment logistique...) et le contexte du chantier (surface de chantier disponible, délais...), différentes solutions techniques sont envisageables pour la réalisation de planchers d'immeubles conformes à la

**réglementation s'appliquant en zone sismique :**

- en isolation par l'extérieur : les planchers à prédalles suspendues (système LPPVE) ;
- en isolation par l'intérieur : les planchers à rupteurs de ponts thermiques structuraux (dalles pleines à rupteurs sous Avis Technique [1],

planchers à prédalles et à rupteurs [rapportés ou intégrés] sous Avis Technique [1]) et les planchers à rupteurs non structuraux (planchers à poutrelles à rupteurs sous Avis Technique [1]) ;

- les planchers à dalles alvéolées pour les bâtiments logistiques avec grandes travées. ■

(1) Attention, certains Avis Techniques ont été annulés pour un usage en zone sismique faute d'une justification par le calcul satisfaisante. D'autres ont été remplacés par une nouvelle version précisant leur domaine d'emploi et les usages possibles. Liste à jour consultable sur le site de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques : [www.ccfat.fr](http://www.ccfat.fr).

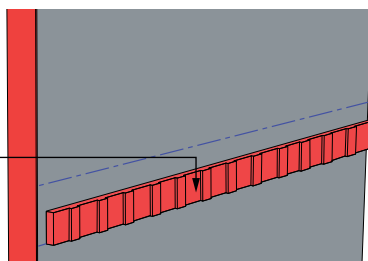
## Prédalles suspendues avec engravure (système LPPVE)

Fixation des boîtes d'attentes et ferrailage des voiles (cas des aimants et entretoises)

### Phase 1 : FIXATION

Positionner le dispositif d'engravure au niveau du trait inférieur réalisé à l'étape 3

Dispositif d'engravure

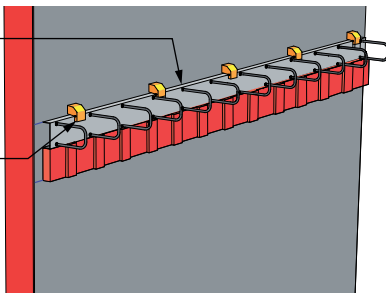


**Profondeur de boîte d'au moins 4,5 cm.**

➤ Après huile de banchage

Positionner la boîte d'attente

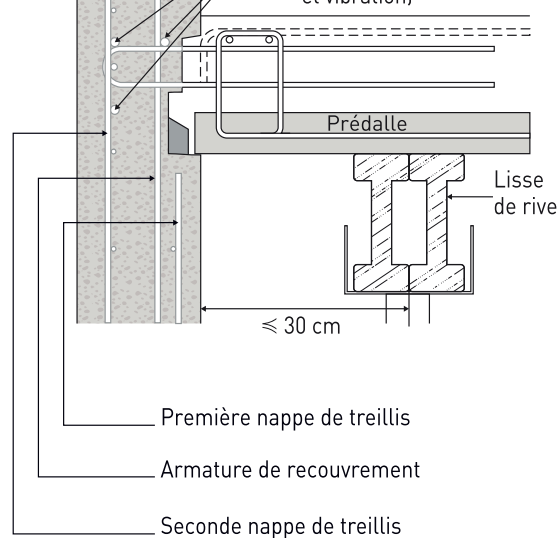
Positionner le système aimanté ponctuel si nécessaire



**Sens de pose de la boîte.**

### Phase 2 : FERRAILAGE

Armatures longitudinales de chaînage disposées au contact des nappes d'armatures (pour libérer l'espace de bétonnage et vibration)



Source : carnet de chantier Planchers à prédalles – Carnet de chantier – Guide de mise en œuvre d'EGF/BTP (septembre 2016)

des acteurs, une action syndicale forte, aussi bien du côté des fabricants de prédalles au sein de la Fib pour homogénéiser les pratiques, que de celui des fournisseurs des boîtes d'attente pour standardiser et certifier Afcab les procédés (conformité des boîtes d'attente et système d'engravure), et l'implication des bureaux d'études pour spécifier les ferrillages et la mise en place par les entreprises d'une démarche de contrôle qualité (autocontrôle) sur les chantiers, ont conduit à autoriser l'emploi des prédalles suspendues de type LPPVE en zone sismique», explique Christian Herreria.

### Des documents simplifiés pour les cas courants

En raison de la relative complexité des calculs basés sur l'Eurocode 2, un « Guide d'application », disponible gratuitement, a été élaboré à destination des bureaux d'études. « Des abaques simplifiées, couvrant environ 80 % des situations rencontrées sur les chantiers, facilitent la définition des boîtes d'attente nécessaires et leur dimensionnement, par exemple », signale Wilfried Pillard.

De leur côté, les personnels d'exécution ont à leur disposition un « Carnet de chantier » richement illustré. « Il détaille la liaison LPPVE, précise le type de boîtes d'attente à utiliser (diamètre, espacement...), propose des plans de pose harmonisés, décrit la

cinématique de pose, donne des exemples de fiches d'autocontrôle pour la totale maîtrise de la qualité d'exécution... », ajoute Julien Serri.

Mais ce n'est pas tout : le guide chantier *Anticiper, maîtriser, assurer* rédigé par QUALIPRÉDAL recense aussi toutes les bonnes pratiques et contient tous les documents nécessaires au bon déroulement d'un chantier utilisant des prédalles de type LPPVE. Son objectif est de garantir aux maîtres d'ouvrage et aux maîtres d'œuvre une satisfaction totale quant à la qualité de leur réalisation à travers l'application des bonnes pratiques de la charte QUALIPRÉDAL. « Qui peut le plus, peut le moins : l'ensemble de ces démarches peut évidemment tout aussi bien s'appliquer à des chantiers en zone non sismique » signale Jean-Marie Paillé. Pour l'instant, les « anciennes » Règles professionnelles de 2011 et les Recommandations professionnelles de 2009 restent parfaitement opérationnelles mais uniquement pour les chantiers en zone non sismique. Elles sont appelées à disparaître lorsque le projet de DTU 23.4 *Planchers à prédalles industrialisées en béton*, actuellement en cours de rédaction, aboutira. « Ce DTU s'inspirera très probablement de la norme FDI 18-720 et de l'analyse des retours d'expérience. Il pourrait être publié dans le courant de l'année prochaine », estime Christian Herreria. ■

